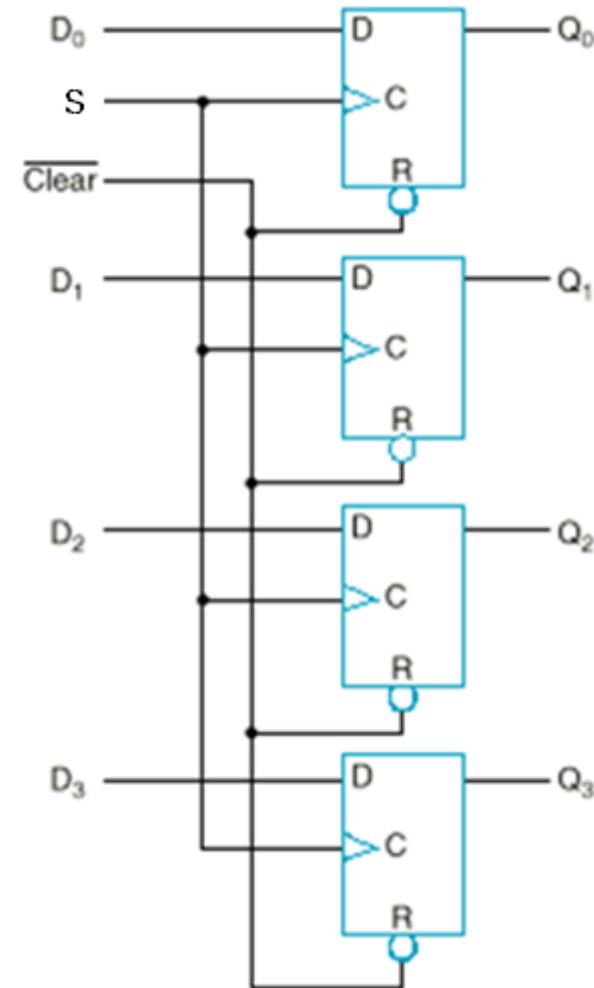


Registri

- ◆ I registri sono circuiti sequenziali ampiamente utilizzati nei calcolatori per immagazzinare informazioni
- ◆ Un registro è composto in generale da un insieme di flip-flop, che memorizzano i dati, e da un insieme di porte logiche che implementano opportune transizioni di stato (determinano il dato che deve essere trasferito nei flip-flop)

Registri

- ◆ Il registro più semplice è composto solo da flip-flop
- ◆ I flip-flop sono sincronizzati sul fronte di un segnale di abilitazione **S**
 - I valori binari presenti sugli ingressi sono memorizzati nei flip-flop
 - Le uscite possono essere esaminate per leggere il contenuto del registro
- ◆ Un segnale di **Clear** attivo basso consente di azzerare tutti i flip-flop in modo asincrono

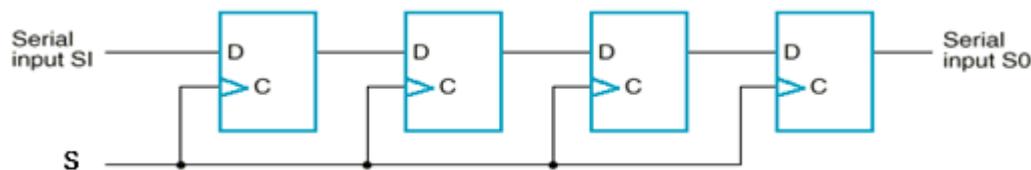


Registri a caricamento parallelo - Load

- ◆ Tutti i bit sono caricati simultaneamente con un segnale di abilitazione comune
- ◆ Un segnale di **Load** viene usato per regolare il funzionamento del registro:
 - ◆ Load=1 trasferisce i 4 bit di ingresso nei flip-flop, *in parallelo*
 - ◆ Load=0 lascia il contenuto del registro inalterato

Registri a scorrimento (*shift registers*)

- ◆ I registri a scorrimento consentono la traslazione dei bit immagazzinati, in una o entrambe le direzioni, in sincronia con un impulso di abilitazione S
- ◆ Formati logicamente da una catena di flip-flop connessi *in cascata*, in cui l'uscita di ogni flip-flop è connessa all'ingresso del flip-flop successivo

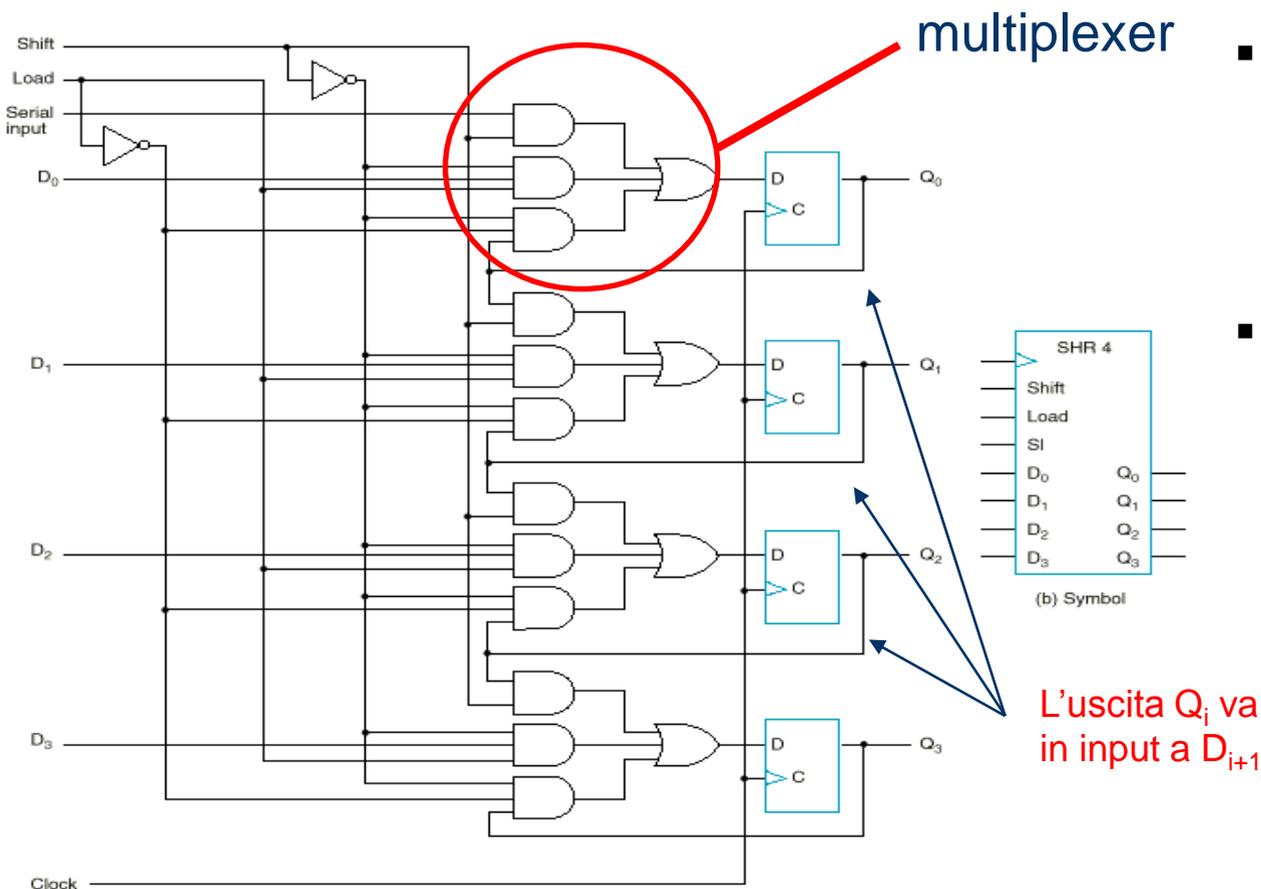


- L'ingresso seriale SI del registro è l'ingresso del primo flip-flop della catena
- L'uscita seriale SO del registro è l'uscita dell'ultimo flip-flop della catena

Registri a scorrimento - Shift

- ◆ Un segnale di **Shift** può essere usato per regolare il funzionamento del registro:
 - ◆ Shift=1: i bit memorizzati nel registro vengono shiftati
 - ◆ Shift=0: lascia il contenuto del registro inalterato

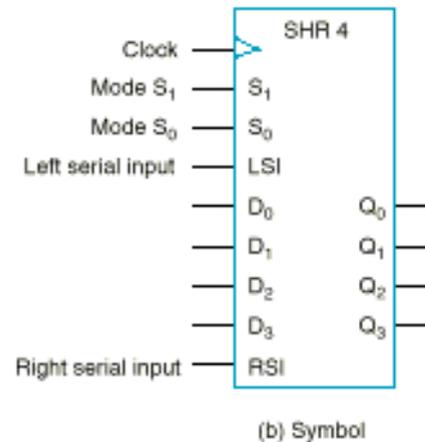
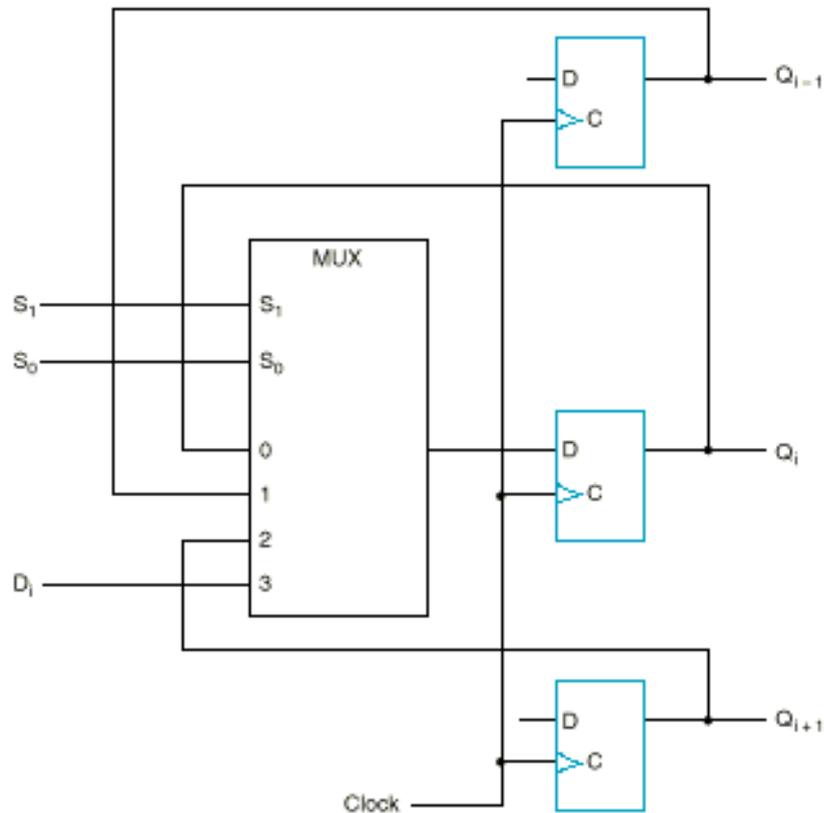
Registro a scorrimento con caricamento parallelo: convertitori serie-parallelo e parallelo-serie



- Il segnale di Shift può essere usato in combinazione con un segnale di Load
 - **Shift** per lo scorrimento
 - **Load** per il caricamento
- Ogni stadio del registro ha un flip-flop D, una OR e 3 AND
 - Nel circuito in figura, l'ingresso D di un flip-flop è alto se $SI=1$ e $Shift=1$ (scorrimento), oppure se $D_0=1$, $Load=1$ e $Shift=0$ (caricamento), oppure se $D_0=1$ con $Load=0$ e $Shift=0$ (mantenimento del valore)

Un registro a scorrimento con le uscite del flip-flop accessibili e la capacità di caricare i dati in parallelo può essere usato da **convertitore serie-parallelo** e **parallelo-serie**

Registro a scorrimento bidirezionale



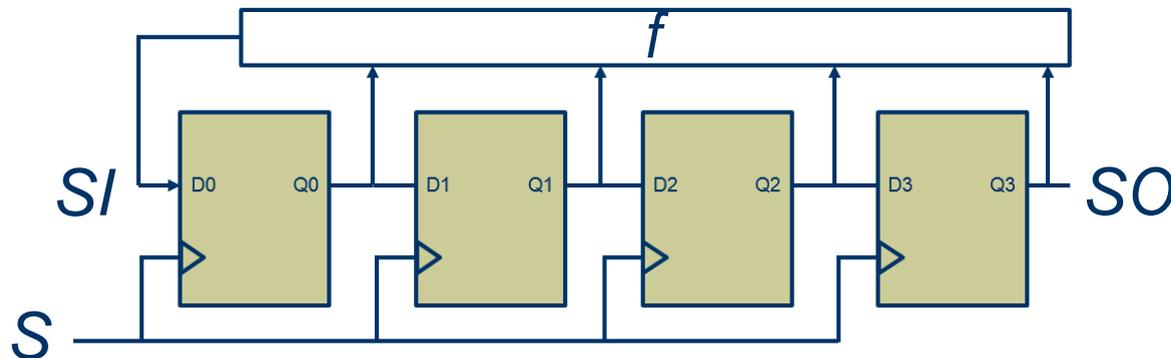
Il registro a scorrimento bidirezionale può essere ottenuto a partire dall'architettura vista nella slide precedente aggiungendo, in ingresso alla OR in testa al flip-flop i -esimo, una quarta porta AND che prende in ingresso \overline{Load} , \overline{Shift} e il dato proveniente dal flip-flop $(i+1)$ -esimo, ovvero Q_{i+1}

Registri a scorrimento con retroazione

- ◆ I registri a scorrimento possono essere alimentati con valori ottenuti a partire dallo stato precedente

→ retroazione (*feedback*)

$$SI = f(Q_{n-1}, Q_{n-2}, \dots, Q_0)$$

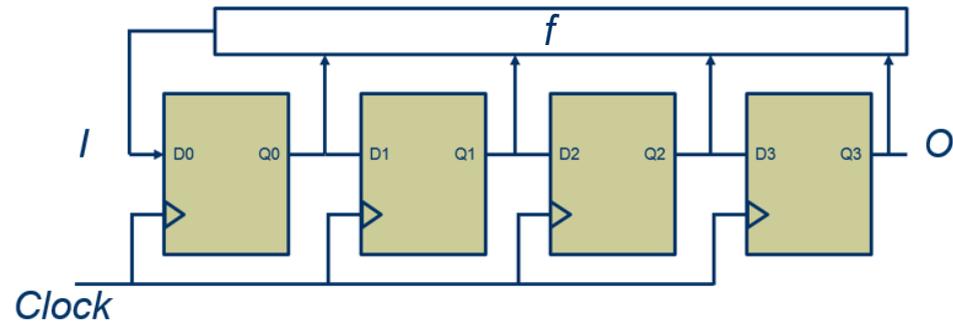


Registri a scorrimento con retroazione: registri a scorrimento lineari

- ◆ Nei registri a scorrimento lineari (*Linear Feedback Shift Register* - LFSR) l'ingresso seriale è una combinazione lineare f dello stato (es. ottenuta ponendo in XOR alcuni bit del registro)
- ◆ In generale, è possibile scegliere f in maniera tale da ottenere sequenze di valori che soddisfino certe proprietà
 - sequenze pseudo-casuali
 - sequenze a ciclo massimo (lunghe $2^n - 1$)
ottenute se la funzione f è un polinomio irriducibile su $GF(2)$

Registri a scorrimento con retroazione usati per realizzare contatori (1/2)

- ◆ In particolare, se $S_i = Q_{n-1}$ si possono realizzare contatori modulari
 - Es.: con $n=4$, si possono ottenere contatori modulo 4 e modulo 2



Configurazione iniziale: 1000

1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1
1	0	0	0

Configurazione iniziale: 1100

1	1	0	0
0	1	1	0
0	0	1	1
1	0	0	1
1	1	0	0

Configurazione iniziale: 0101

0	1	0	1
1	0	1	0
0	1	0	1

Registri a scorrimento con retroazione usati per realizzare contatori (2/2)

- ◆ Altro esempio:

- $S_i = \text{not}(Q_{n-1})$
- $n=8$

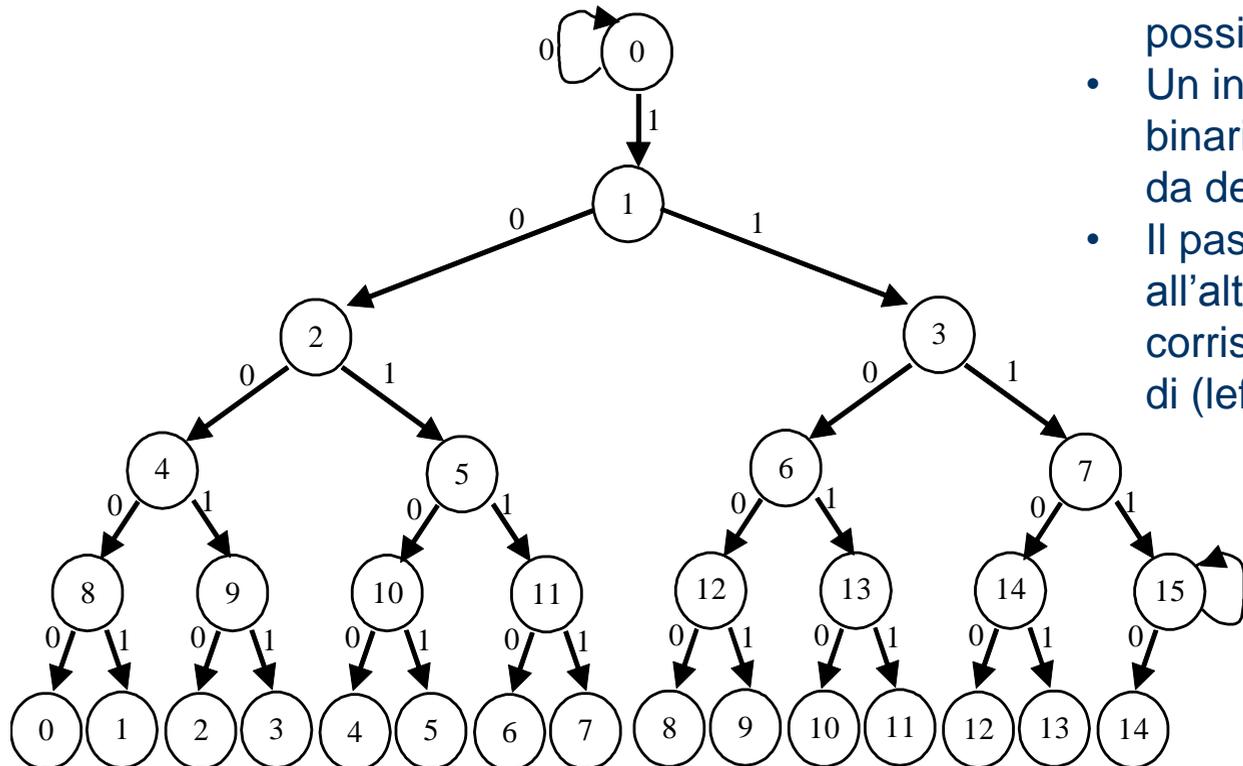
Contatore
modulo 8



0	0	0	0
1	0	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	1	1	1
0	1	1	1
0	0	1	1
0	0	0	1
0	0	0	0

Registri a scorrimento: modello

I registri a scorrimento possono essere progettati, come qualsiasi rete sequenziale, partendo dalla loro rappresentazione mediante automa



Esempio: registro a scorrimento di 4 bit

- 16 stati corrispondenti ai 16 possibili valori memorizzati
- Un ingresso dato sequenziale binario (inserito logicamente da destra)
- Il passaggio da uno stato all'altro avviene in corrispondenza di un segnale di (left) shift